

**BOARD OF INDUSTRY, TRADE AND HANDICRAFT
GENERAL MANAGEMENT OF INDUSTRIAL PRODUCTION
ITALIAN PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

1c978 U.S. PTO
09/911625
07/25/01

Q65519
108 1.

Authentication of copy of documents relating to patent application for Industrial Invention
N. MI2000A001731

We declare that the attached copy is a true copy of the original documents
filed with the above mentioned patent application, the data of which
appear from the attached filing form

Rome, DECEMBER 18, 2000

Seal stamp

DIVISION DIRECTOR

Dr. Paola DI CINTIO
(signature)

TO THE BOARD OF INDUSTRY, TRADE AND HANDICRAFT

MODEL A

ITALIAN PATENT AND TRADEMARK OFFICE - ROME

APPLICATION FOR INDUSTRIAL INVENTION PATENT, RESERVE FILING, ADVANCED ACCESSIBILITY BY THE PUBLIC

A. **APPLICANT (S)** N.G.
1) DENOMINATION ALCATEL
RESIDENCE PARIS - (FRANCE) code

B. **REPRESENTATIVE OF THE APPLICANT BY I.P.T.O.**
surname name BORSANO CORRADO fiscal code
name of the office ALCATEL ITALIA S.p.A. -- PATENT OFFICE
street TRENTO n. 30 town VIMERCATE post code 20059 prov. MI

C. **DOMICILE OF CHOICE addressee:** at the Representative's Office
street n. town post code prov.

D. **TITLE** proposed class (sec./cl./subcl) group / subgroup
VIRTUAL CONCATENATION OF THE OPTICAL CHANNELS IN WDM NETWORKS

ACCESSIBILITY IN ADVANCE FOR THE PUBLIC: YES NO (X) IF PETITION: DATE RECORD NO.:

E. **DESIGNATED INVENTORS** surname name surname name
1) TRAVERSO GIOVANNI 3)
2) 4)

F. **PRIORITY** annexe
nation or organization priority type application number filing date S/R

RESERVE DISSOLUTION
Date Protocol no.

G. **CENTER DEPUTED TO THE CULTURE OF MICRO-ORGANISM,** denominationH. **SPECIAL NOTES**

ATTACHED DOCUMENTATION
NO. of ex.

Doc. 1)	2	PROV. no. pag.	[14]	abstract with main drawing, description and claims (compulsory 1 exemplar)
Doc. 2)	2	PROV. no. draw	[03]	drawing (compulsory if mentioned in the description, 1 exemplar)
Doc. 3)	1	RIS		power of attorney , general power or reference to general power
Doc. 4)		RIS		inventor designation
Doc. 5)		RIS		priority document with italian translation
Doc. 6)		RIS		authorization or deed of assignment
Doc. 7)				complete name of applicant

RESERVE DISSOLUTION
Date Protocol no.

compare single priorities

8) payment receipt, total liras THREE HUNDRED SIXTYFIVE THOUSAND compulsory

TYPED ON 28/07/2000 SIGNATURE OF APPLICANT (S) Eng. CORRADO BORSANO
TO BE CONTINUED YES / NO NO c/o ALCATEL ITALIA S.p.A.
(signature)

CERTIFIED COPY OF THE PRESENT CERTIFICATE IS REQUESTED YES / NO YES

PROVINCIAL OFFICE OF IND. COMM. HAND. OF MILAN code 15

FILING REPORT APPLICATION NUMBER MI2000A 001731 Reg.A

In the year ~~nineteen hundred~~ TWO THOUSAND on day TWENTY-EIGHT of the month of JULY

The above mentioned applicant (s) has (have) submitted to me the present application formed by no. 00 additional sheets for the grant of the aforesaid patent

I. **VARIOUS NOTES OF DRAWING UP OFFICER**

FILING PARTY
SIGNATURE

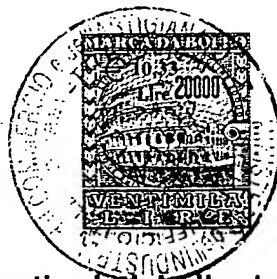
Office
seal

DRAWING UP OFFICER
CORTONESI MAURIZIO
signature



MINISTERO DELL'INDUSTRIA, DEL COMMERCIO E DELL'ARTIGIANATO

DIREZIONE GENERALE DELLA PRODUZIONE INDUSTRIALE
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI



1c978 U.S. PRO
09/911625



Q65519

1061

Autenticazione di copia di documenti relativi alla domanda di brevetto per

N. MI2000A001731

*Si dichiara che l'unita copia è conforme ai documenti originali
depositati con la domanda di brevetto sopraspecificata, i cui dati
risultano dall'accluso processo verbale di deposito*

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

18 DIC. 2000

li

IL DIRETTORE DELLA DIVISIONE

D. SSA Paola RICINTIO

codice

(prov) MI

(prov)

cognome nome

4)

N° Protocollo

11/11/11/111111
 11/11/11/111111

SL

L'OFFICIALE ROGANTE
M. COBTONESI

RIASSUNTO INVENZIONE CON DISEGNO PRINCIPALE DESCRIZIONE E RIVENDICAZIONE

NUMERO DOMANDA

M/2000/100-1731

REG. A

DATA DI DEPOSITO

28072000

NUMERO BREVETTO

DATA DI RILASCIO

11/11/1111

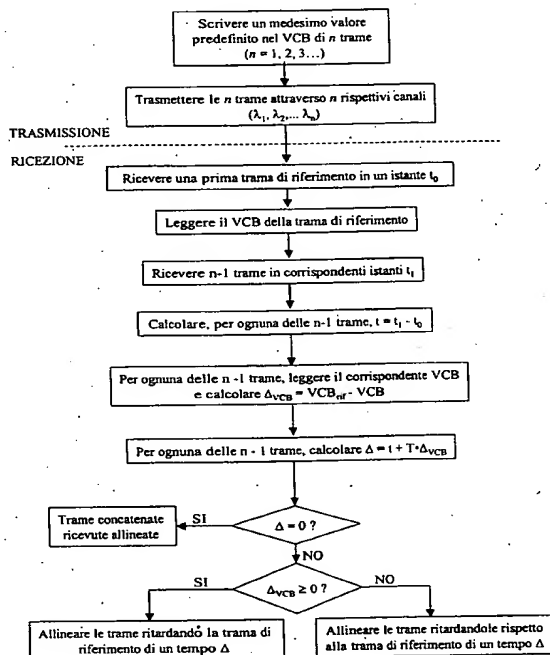
D. TITOLO

"Concatenazione virtuale dei canali ottici in reti WDM"

L. RIASSUNTO

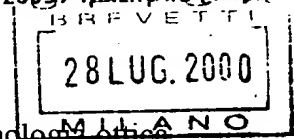
Viene descritto un metodo di concatenazione virtuale dei canali ottici in reti WDM. Il metodo comprende le fasi, in trasmissione, di: prevedere una pluralità di trame, ciascuna trama comprendendo un byte riservato ad una flag di concatenazione; scrivere un medesimo valore predefinito nel byte di concatenazione di n trame ($n = 1, 2, 3, \dots$); e trasmettere le n trame attraverso n rispettivi canali ($\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$). In ricezione comprende le fasi di: ricevere una prima trama di riferimento in un istante; leggere il valore del byte di concatenazione di tale trama di riferimento; ricevere le restanti trame di segnale dopo un rispettivo determinato tempo; leggere il valore del byte di concatenazione delle restanti trame di segnale; ed individuare ed allineare tutte le trame di segnale con il medesimo valore del byte di concatenazione compensando i tempi di ricevimento.

M. DISEGNO



- ALCATEL -

Ing. CORRADO BORSANO (iscr. 446)
c/o ALCATEL ITALIA S.p.A.
Via Trento, 30 - 20059 VIMERCATE (MI)



DESCRIZIONE

La presente invenzione riguarda le reti per telecomunicazioni in tecnologia ottica ed in particolare riguarda reti WDM (Wavelength Division Multiplexing). Ancora più in particolare la presente invenzione concerne la concatenazione virtuale dei canali ottici in tali reti WDM.

Come è noto ad esempio dalla Raccomandazione ITU-T G.707, la concatenazione contigua di un numero X di Unità Amministrative 4 (AU-4-Xc) consiste nel concatenare assieme un certo numero di AU-4s in modo da trasportare assieme payload (parte informativa vera e propria di una trama SDH) che richiedono una capacità maggiore di quella fornita da un singolo contenitore di capacità 4. In questo modo, la capacità disponibile nel multi-Contenitore-4 è X volte la capacità del singolo Contenitore-4 (per esempio, 599040 Mbit/s per $X = 4$ e 2396160 kbit/s per $X = 16$).

Nella concatenazione di AU-4 contigui viene utilizzato un indicatore di concatenazione, contenuto nel puntatore dei vari AU-4 (eccetto il primo), per indicare che il payload del multi Contenitore-4 (portato in un singolo VC-4-Xc) deve essere mantenuto assieme. L'indicatore di concatenazione indica che i processori dei puntatori devono eseguire le stesse operazioni eseguite sul primo AU-4 dell'AU-4-Xc. Quindi, l'assunzione che si fa è che i vari puntatori siano uguali in modo tale che durante la trasmissione in una rete non si creino scorrimenti tra un VC-4 e l'altro così da poter leggere agevolmente i dati ricevuti nell'esatta sequenza. Alla rete viene richiesto di trasportare informazioni (payload) senza cambiare il valore dei vari puntatori rispetto al primo puntatore (cioè non vi sia scorrimento reciproco).

CB

In breve, quindi, lo scopo principale della concatenazione è quello di trasportare in modo vantaggioso i segnali cliente aventi bit rate diverse da quelle standard per segnali a gerarchia sincrona.

Una tecnica equivalente potrebbe essere considerata la cosiddetta Inverse Multiplexing, tipica delle trasmissioni ATM (Asynchronous Transfer Mode) in cui *pipes* ad alte bit rate vengono trasportati da diversi segnali indipendenti E1. Questa tecnica può essere considerata come un adattamento del livello client al mezzo di trasporto.

Scopo della concatenazione è di fornire quelle funzionalità di trasporto evitando di dover adottare costose apparecchiature per eseguire l'adattamento. Cioè è l'apparato di trasporto ad eseguire la funzione di adattamento che non viene fatto a livello client.

La concatenazione virtuale (si veda sempre la Raccomandazione ITU-T G.707) è stata sviluppata per fornire funzionalità di concatenazione in reti ove non è supportata la concatenazione contigua, evitando così di sostituire tutti gli elementi di rete. Nella concatenazione virtuale, i valori dei puntatori non devono più essere rigidamente collegati ed inoltre essa non presenta la rigidità della concatenazione contigua che poteva essere attuata solo con numeri X prefissati, ad esempio $X = 4$, $X = 16$ o $X = 64$.

La concatenazione virtuale quindi non influenza la complessità degli elementi di rete interni alla rete stessa ma complica solo l'elaborazione (con operazioni di adattamento) in corrispondenza dei nodi "periferici" delle reti di trasmissione. Questo si traduce in un indubbio vantaggio economico dal momento che può essere adottata in tutte le reti esistenti senza sostituire la maggior parte dei nodi (tutti i nodi interni alla rete), limitandosi a sostituire, o quantomeno ad adattare, i nodi periferici di ingresso nella/uscita dalla rete.

Altro vantaggio della concatenazione virtuale è quello di poterla adottare anche con qualsiasi Contenitore Virtuale (non solo con i VC-4) delle gerarchie SONET/SDH.

CS

Nei POH (Path OverHead) dei vari Contenitori Virtuali (VCs) concatenati virtualmente, viene prevista una flag. Tale flag sostanzialmente è un contatore che si incrementa ad ogni passo, cioè ad ogni POH. La mappatura in ingresso alla rete è come nella concatenazione contigua ma poi i puntatori sono liberi di muoversi l'uno rispetto all'altro. Ciascun VC, dal momento che viaggia per proprio conto, ha il suo proprio POH. Un contatore comune fornisce una base di conteggio dove vengono posti i valori, su tutti i POH (in modo identico, cioè lo stesso valore su tutti i POH). A valle della rete di trasporto avviene la demappatura: il primo VC della concatenazione raggiunge il valore degli altri contatori dei VC e viene determinato lo scorrimento accumulato tra i diversi VC nella rete di trasporto. Questo scorrimento (o sfalsamento) viene compensato mediante l'uso di memorie (buffers). In questo modo, il segnale cliente all'output viene fornito perfettamente equalizzato.

L'uso di buffer può essere considerato l'unico inconveniente della concatenazione virtuale dal momento che si aggiunge al costo dei nodi terminali della rete di trasporto ma ovviamente questa piccola complessità è trascurabile rispetto al costo di sostituzione/aggiornamento dei nodi qualora non si utilizzasse la concatenazione o si utilizzasse la concatenazione contigua.

Tutto quanto sopra si riferisce alle reti di trasporto SONET o SDH ma non è noto l'uso di simili tecniche nel campo delle reti di trasporto ottiche WDM. L'unico modo attualmente possibile e noto per trasportare bit rate maggiori rispetto a quelle portate da singole lunghezze d'onda è suddividere, a livello client, l'informazione in diversi canali. Tuttavia questa tecnica è applicabile solo a servizi "end-to-end" e non può essere applicato nel cuore della rete di trasporto.

Alla luce degli inconvenienti delle tecniche note indicate sopra, è lo scopo principale della presente invenzione quello di indicare un metodo per rendere le reti WDM in

CB

grado di trasportare bit rate superiori a quelle attualmente trasportate da un singolo canale ottico senza sostituire gli apparati e le strutture esistenti.

Questo scopo, oltre ad altri, viene ottenuto attraverso una tecnica di concatenazione virtuale dei canali ottici, cioè delle λ , simile alla concatenazione virtuale dei Virtual Container nelle trasmissioni sincrone SDH o SONET, indicata nelle rivendicazioni indipendenti 1 e 2. Ulteriori caratteristiche vantaggiose dell'invenzione vengono indicate nelle rivendicazioni dipendenti. Le rivendicazioni 7 ed 8 definiscono gli apparati per realizzare il metodo dell'invenzione. Tutte le rivendicazioni si intendono una parte integrante della presente descrizione.

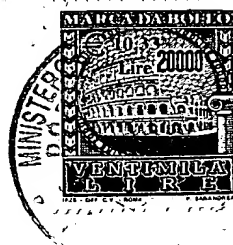
Segue ora una descrizione dettagliata della presente invenzione, data a puro titolo esemplificativo e non limitativo, da leggersi con riferimento alle varie figure, in cui:

- Fig. 1 mostra una trama ODUk con la relativa intestazione ed il relativo payload;
- Fig. 2 mostra n canali $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ concatenati; e
- Fig. 3 mostra un diagramma di flusso in cui sono state indicate le fasi principali del metodo di concatenazione secondo l'invenzione.

L'idea alla base della presente invenzione è quella di trasportare i payload di una rete di trasporto WDM in modo sostanzialmente analogo a come vengono trasportati i Contenitori Virtuali (VC) nella concatenazione virtuale secondo gli Standard SDH.

È noto che alle alte bit rate nelle reti di trasporto WDM, l'efficienza si traduce in opacità, ovvero nella necessità di eseguire un certo processamento a livello elettrico al fine di trasmettere per lunghe distanze senza l'uso di ripetitori e per la gestione del canale ottico end-to-end.

Dalla Raccomandazione ITU-T G.709 è nota un'Unità di Trasporto di Canale Ottico (OTUk) che è la struttura informativa utilizzata per supportare l'unità dati del canale



CA

ottico (ODUk) su una o più connessioni di canali ottici. La struttura di trama dell'OTUk ($k = 1, 2, 3, \dots$) è organizzata in ottetti con 4 righe e 4080 colonne; il bit più significativo di ciascun ottetto è il bit 1, quello meno significativo è il bit 8. La trama OTUk comprende tre aree principali: OTUk OverHead (Riga 1, Colonne 1-16), OTUk Payload (Righe 1-4, Colonne 17-3824) e OTUk Forward Error Correction (Righe 1-4, Colonne 3825-4080). L'area di trama della Forward Error Correction (OTUk FEC) contiene i codici di FEC Reed-Solomon che devono essere calcolati come specificato nell'Annex A della Raccomandazione ITU-T G.709. Cioè il payload a livello client, quando mappato nei canali ottici, viene incasellato in una "super trama" con un suo POH, un payload e una parte di ridondanza per la correzione di errori, per cui viene effettuato un processamento elettrico del payload.

L'idea della presente invenzione consiste nel riservarsi un byte dell'ODUk OverHead (od eventualmente dell'OTUk OverHead) per effettuare la concatenazione dei canali ottici. Per cui l'OverHead di questa "super trama" viene associato ai canali ottici come se fosse un POH di un Contenitore Virtuale nelle trasmissioni SDH o SONET. Nel byte che ci si riserva si inserirà una flag di contatore che indichi lo stato di concatenazione rispetto ad altre trame. In ricezione, quando tale super trama viene riconvertita in segnale elettrico, il ricevitore, riconosciuto lo stato di concatenazione, estrae le informazioni riguardanti lo scorrimento relativo dei canali, li equalizza e fornisce il segnale cliente ricostruito.

In Fig. 1 viene indicata una trama ODUk in cui si riconosce facilmente la parte di intestazione e la parte informativa vera e propria (payload). Per chiarezza e a titolo puramente esemplificativo sono stati messi in evidenza due soli byte dell'Overhead, la parola di allineamento (FAW) ed il byte di concatenazione virtuale (VCB). Entrambi possono anche non essere due byte interi. Infatti, anche solo alcuni loro bit potrebbero essere

CB

sere rispettivamente dedicati all'allineamento di trama e alla concatenazione. Tuttavia, solo per chiarezza, nella presente descrizione e nelle rivendicazioni ci si riferirà sempre comunque ad un byte completo ma è da tener presente che questa definizione includerà anche il caso di alcuni bit (al limite uno) di un byte. Mentre la posizione della parola di allineamento è fissata, la posizione del byte di concatenazione è indicativa e comunque sostanzialmente ininfluyente per l'invenzione; l'unico vincolo è quello di utilizzare un byte (o una parte di byte) libero, cioè non riservato per altri scopi standardizzati.

In trasmissione (Fig. 2, lato sinistro) un contatore VCB COUNTER scrive un certo stesso valore (flag di concatenazione) nell'apposito byte riservato alla concatenazione virtuale delle varie trame ODU_k. Quindi, per trasmettere segnali il cui contenuto informativo non può essere tutto contenuto nel payload di una sola trama, si concateneranno più trame scrivendo lo stesso valore di VCB in ognuna di esse.

In altre parole, nella posizione del byte VCB della trama ODU_{k₁} da trasmettere sul primo canale (λ_1) viene scritto un certo valore VCB#z; contemporaneamente, nella posizione del byte VCB della trama ODU_{k₂} da trasmettere sul secondo canale (λ_2) viene scritto lo stesso valore VCB#z, e così via fino ad arrivare al VCB della trama ODU_{k_n}. Le trame vengono trasmesse quindi in modo concatenato e perfettamente allineato.

In ricezione vengono letti i byte di concatenazione e, riconosciuto lo stato di concatenazione tra le trame, i payload vengono considerati come un unico payload di una "super-trama".

In una situazione "ideale" le trame, che erano state inviate allineate sui vari canali, vengono ricevute contemporaneamente, cioè ancora perfettamente allineate. Tuttavia, in una situazione reale, la trama di un canale sarà in anticipo (come la ODU₁ rispetto alla ODU_n in Fig. 2), o in ritardo, rispetto alle altre $n-1$ trame degli $n-1$ canali. In questa situazione si ritarderà (o anticiperà) una trama rispetto all'altra memorizzandola in un'ap-



posita memoria elastica (FIFO). È prevista una memoria elastica per ogni canale. La presente invenzione prevede di scegliere un canale di riferimento e calcolare i ritardi e gli anticipi rispetto a tale canale di riferimento.

Quindi, in ricezione, viene ricevuta una trama di riferimento, viene letto il valore del corrispondente byte di concatenazione VCB e viene memorizzata nella corrispondente memoria elastica. Convenientemente, la trama di riferimento viene memorizzata nella memoria elastica in una posizione baricentrica, centrata. Preferibilmente, la trama di riferimento è quella trasmessa sul primo canale (λ_1) ma nulla naturalmente vieta di considerare come trame di riferimento quelle di un altro qualsiasi canale.

Per quanto riguarda gli altri $n-1$ canali, vengono lette e memorizzate nelle rispettive memorie elastiche le trame ricevute immediatamente dopo la trama di riferimento e viene calcolato il tempo t tra l'istante (t_0) in cui viene ricevuta la parola di allineamento della trama di riferimento e l'istante (t_1) in cui viene ricevuta la parola di allineamento delle altre trame ricevute successivamente. In aggiunta, per le $n-1$ trame ricevute, viene letto il valore del byte di concatenazione e viene calcolata l'eventuale differenza con quello della trama di riferimento. Tale differenza (Δ_{VCB}) viene moltiplicata per il periodo di trama T e sommata al tempo t .

In altre parole, per ogni canale x , viene effettuato il seguente calcolo

$$\Delta_x = t + (VCB_{\lambda_{rif}} - VCB_{\lambda_x})T, \text{ con } 1 \leq x \leq n.$$

e la trama ricevuta sul canale x viene ritardata/anticipata di un tempo Δ_x .

Facendo un esempio pratico, si consideri come trama di riferimento quella del canale λ_1 . In un certo istante t_0 si leggerà VCB_{λ_1} come valore del byte di concatenazione e si leggerà una certa FAW_{λ_1} . La trama nel canale λ_2 arriverà in un istante t_1 , cioè dopo un certo periodo di tempo t rispetto a t_0 . Il tempo t viene calcolato paragonando il tempo di arrivo della FAW_{λ_2} rispetto alla FAW_{λ_1} . Della trama nel canale λ_2 si leggerà anche il

valore del corrispondente VCB_{λ_2} ; tale valore potrà essere uguale a quello della trama di riferimento ma potrà essere anche maggiore o minore.

In pratica, solitamente la differenza $\Delta_{VCB} (= VCB_{\lambda_1} - VCB_{\lambda_2})$ sarà nulla e pertanto si ritarderà la trama di riferimento solo di un tempo t . Se la differenza è positiva, vuol dire che la trama nel canale 2 è in ritardo rispetto a quella di riferimento; se è negativa vuol dire che la trama nel canale 2 è in anticipo rispetto a quella di riferimento. Gli stessi calcoli e le stesse considerazioni si applicano alle trame nei canali $\lambda_3, \lambda_4, \dots, \lambda_n$.

Dal momento che vengono utilizzate memorie elastiche tipo FIFO, si aumenteranno/diminuiranno tali memorie a seconda delle necessità. È bene comunque specificare che il tempo di latenza nelle memorie FIFO può essere considerato trascurabile rispetto al tempo di latenza di una trama in una rete.

È noto che il ritardo rispettivo accumulato da due canali ottici distanziati di 30 nm in un cavo di fibra ottica (senza rigeneratori) conforme ai requisiti di Standard è di circa $0,6\mu s / 1000\text{Km}$. Ogni rigeneratore può contribuire con un ritardo rispettivo di all'incirca 15ns dovuto alla differente latenza che l'elaborazione digitale può introdurre su canali distinti che attraversino il rigeneratore. Considerando lunghe tratte ed un certo numero di rigeneratori (ad esempio 20), il ritardo diventa sempre maggiore ($20 \times 15\text{ns} = 300\text{ns}$). Quindi, tali memorie dovrebbero essere non più grandi di circa dieci trame, equivalenti a circa $100\mu s$.

Le varie fasi del metodo dell'invenzione possono essere riassunte come segue.

In trasmissione:

- scrivere un medesimo valore predefinito nel byte di concatenazione virtuale (VCB) di n trame ($n = 1, 2, 3, \dots$); e
- trasmettere le n trame attraverso n rispettivi canali ($\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$).

In ricezione:



- ricevere una prima trama di riferimento in un istante t_0 ;
- leggere il byte di concatenazione virtuale (VCB) della trama di riferimento;
- ricevere $n-1$ trame in corrispondenti istanti t_i ;
- calcolare, per ognuna delle $n-1$ trame, $t = t_i - t_0$;
- per ognuna delle $n-1$ trame, leggere il corrispondente VCB e calcolare $\Delta_{VCB} = VCB_{rif} - VCB$;
- per ognuna delle $n-1$ trame, calcolare $\Delta = t + T(VCB_{rif} - VCB)$; e
- allineare le trame in funzione del corrispondente valore Δ ottenuto.

Saranno a questo punto evidenti i vantaggi ottenuti attraverso la presente invenzione e le sue applicazioni. In generale la presente invenzione supera gli attuali limiti degli IP router dati dalla tecnologia TDM che limita la bit rate massima raggiungibile da ciascuna porta. La tecnica di concatenazione può essere la base per l'implementazione di un servizio di trasporto a banda larga flessibile a livello ottico, soddisfacendo una delle più importanti necessità di reti "centrate sui dati".

La tecnica di concatenazione secondo l'invenzione introduce un alto livello di flessibilità nelle reti di trasporto WDM dal momento che supporta facilmente un'evoluzione di una rete a bit rate superiori senza che tutti i nodi della rete siano in grado di gestire tale massima bit rate. Questo fatto è vantaggioso sia nella progettazione di nuove reti (che possono essere dimensionate per le bit rate medie, ad esempio 2.5 Gb/s, ma non necessariamente per le bit rate di picco, ad esempio 10 Gb/s) che per reti preesistenti (a basse bit rate, ad esempio 2.5 Gb/s ma che devono collegarsi a reti nuove a bit rate più elevate, ad esempio 10 Gb/s). In entrambe i casi è evidente il vantaggio economico ottenuto tramite il risparmio di apparecchiature hardware.

La tecnica di concatenazione secondo la presente invenzione anticipa la disponibilità di bit rate ancora maggiori rispetto all'evoluzione della tecnologia TDM (Time Di-

vision Multiplexing). Per esempio, un payload di 40 Gb/s potrà essere trasportato semplicemente avendo (e concatenando) segnali a 10 Gb/s, un 160 Gb/s potrà essere trasportato concatenando segnali a 10 Gb/s o a 40 Gb/s e così via.

Infine, la tecnica di concatenazione secondo la presente invenzione permette il trasporto di bit rate "non convenzionali" senza perdere larghezza di banda, cioè un segnale a 5 Gb/s potrebbe essere facilmente trasportato concatenando due segnali a 2.5 Gb/s o quattro segnali a 1.25 Gb/s e così via.

È stata descritta una nuova tecnica di concatenazione dei canali ottici in reti WDM che soddisfa tutti gli scopi che ci si era preposti. Molti cambiamenti, modifiche, variazioni e diversi usi della presente invenzione, tuttavia, diverranno chiari a coloro esperti della tecnica dopo aver considerato la presente descrizione e gli annessi disegni che illustrano sue forme di realizzazione preferite. Tutti tali cambiamenti, modifiche, variazioni e diversi usi che non si allontanano dallo spirito e dall'ambito dell'invenzione sono considerati coperti dall'invenzione che è limitata solo dalle rivendicazioni che seguono.

RIVENDICAZIONI

1. Metodo per concatenare virtualmente canali ottici ($\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$) in reti WDM, il metodo essendo caratterizzato dalle fasi di:

- prevedere una pluralità di trame (ODU), ciascuna trama comprendendo un byte (VCB) riservato ad una flag di concatenazione;
- scrivere un medesimo valore predefinito (VCB#z) nel byte di concatenazione (VCB) di n trame ($n = 1, 2, 3, \dots$); e
- trasmettere le n trame (ODU) attraverso n rispettivi canali ($\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$).

2. Metodo per ricevere un certo numero (n) di trame di segnale (ODU) concatenate virtualmente in reti WDM, il metodo essendo caratterizzato dalle fasi di:

- ricevere una prima trama di riferimento (ODU_{ref}) in un istante (t_0);
- leggere il valore del byte di concatenazione (VCB) di tale trama di riferimento (ODU_{ref});
- ricevere le restanti ($n-1$) trame di segnale dopo un rispettivo determinato tempo (t);
- leggere il valore del byte di concatenazione (VCB) delle restanti ($n-1$) trame di segnale; ed
- individuare ed allineare tutte le trame di segnale con il medesimo valore del byte di concatenazione (VCB) compensando i tempi di ricevimento (t).

3. Metodo secondo la rivendicazione 2, caratterizzato dal fatto che la fase di allineare tutte le trame di segnale con il medesimo valore del byte di concatenazione (VCB) comprende le fasi di:

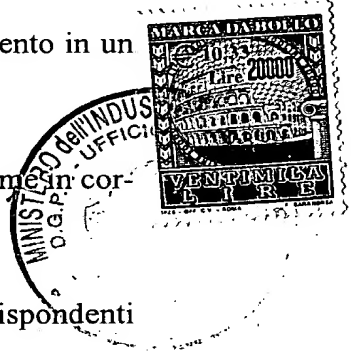
- ricevere le restanti ($n-1$) trame di segnale in corrispondenti istanti (t_i);
- calcolare, per ognuna delle restanti ($n-1$) trame, il tempo (t) trascorso dall'istante in cui è stata ricevuta la trama di riferimento;

CB

- prevedere, per ogni canale ($\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$), una memoria elastica (FIFO); e
- tener ferma la memoria elastica del canale di riferimento e muovere le altre in funzione dei tempi (t) calcolati.

4. Metodo secondo la rivendicazione 2 o 3, caratterizzato dal fatto che la fase di ricevere le restanti ($n-1$) trame di segnale dopo un rispettivo determinato tempo (t) comprende le fasi di:

- leggere la parola di allineamento trama (FAW) della trama di riferimento in un primo istante (t_0);
- leggere la parola di allineamento trama (FAW) delle ulteriori ($n-1$) trame in corrispondenti secondi istanti (t_1); e
- calcolare le differenze di tempo (t) tra il primo istante (t_0) ed i corrispondenti secondi istanti (t_1).



5. Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 2-4, caratterizzato dal fatto di comprendere l'ulteriore fase di calcolare le eventuali differenze (Δ_{VCB}) tra il valore del byte di concatenazione della trama di riferimento ed il valore del byte di concatenazione delle ulteriori ($n-1$) trame, moltiplicare tali eventuali differenze (Δ_{VCB}) per il periodo di trama (T) e sommare il valore ottenuto alle rispettive differenze di tempo (t).

6. Apparato per concatenare virtualmente canali ottici ($\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$) in reti WDM, l'apparato essendo caratterizzato dal comprendere:

- mezzi per scrivere un medesimo valore predefinito nel byte di concatenazione (VCB) di n trame ($n = 1, 2, 3, \dots$) di segnale; e
- mezzi per trasmettere le n trame (ODU) attraverso n rispettivi canali ($\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$).

7. Apparato per ricevere un certo numero (n) di trame di segnale (ODU) concatenate virtualmente in reti WDM, l'apparato essendo caratterizzato dal comprendere:

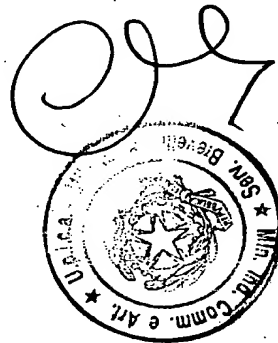
- mezzi per ricevere una prima trama di riferimento (ODU_{ref}) in un istante t_0 ;
- mezzi per leggere il valore del byte di concatenazione (VCB) di tale trama di riferimento (ODU_{ref});
- mezzi per ricevere le restanti ($n-1$) trame di segnale dopo un rispettivo determinato tempo (t);
- mezzi per leggere il valore del byte di concatenazione (VCB) delle restanti ($n-1$) trame di segnale; e
- mezzi per individuare ed allineare tutte le trame di segnale con il medesimo valore del byte di concatenazione (VCB) compensando i tempi di ricevimento (t).

p.p. ALCATEL

Il mandatario:



Ing. CORRADO BORSANO (iscr. 446)
c/o ALCATEL ITALIA S.p.A.
Via Trento, 30 - 20059 VIMERCATE (MI)



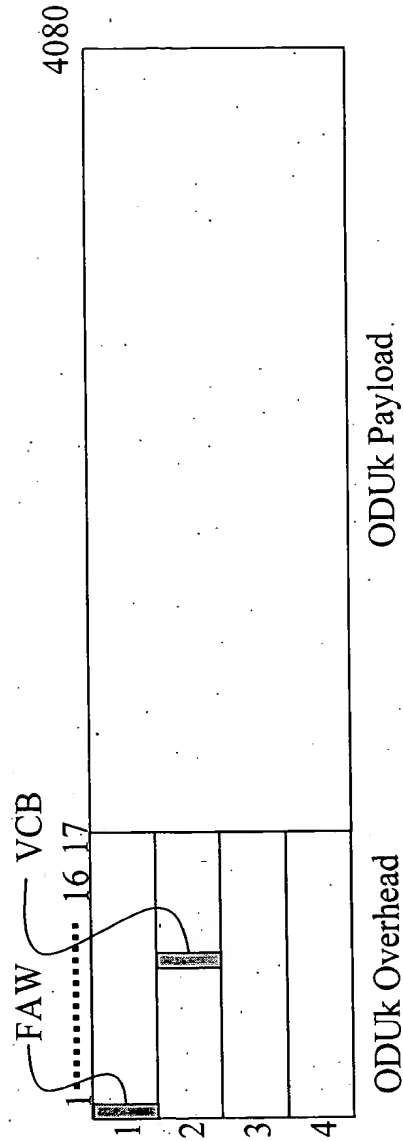
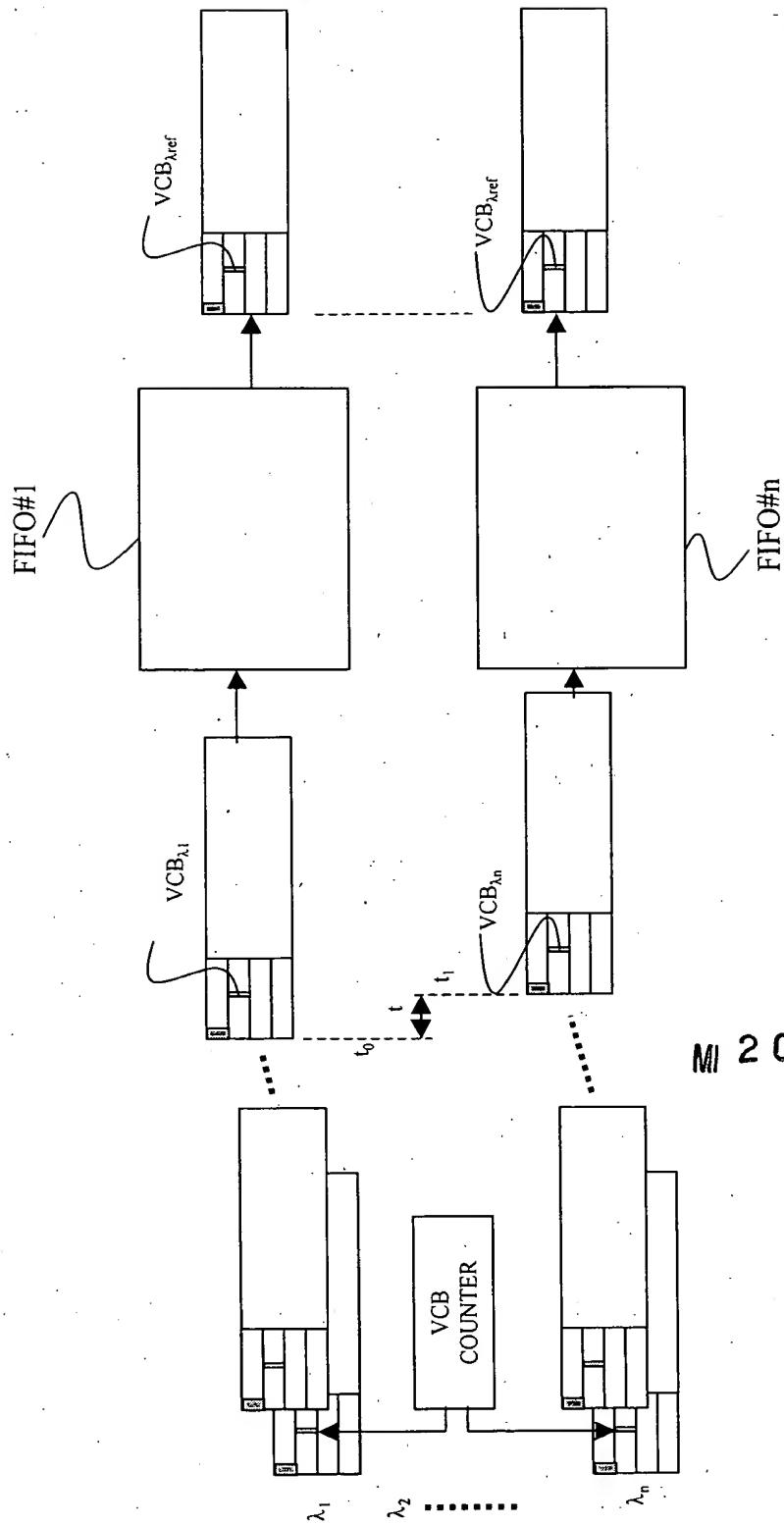


Fig. 1

MI 2000A001731



Corrado Borsano
 Ing. CORRADO BORSANO (iscr. 446)
 c/o ALCATEL ITALIA S.p.A.
 Via Trento, 30 - 20059 VIMERCATE (MI)

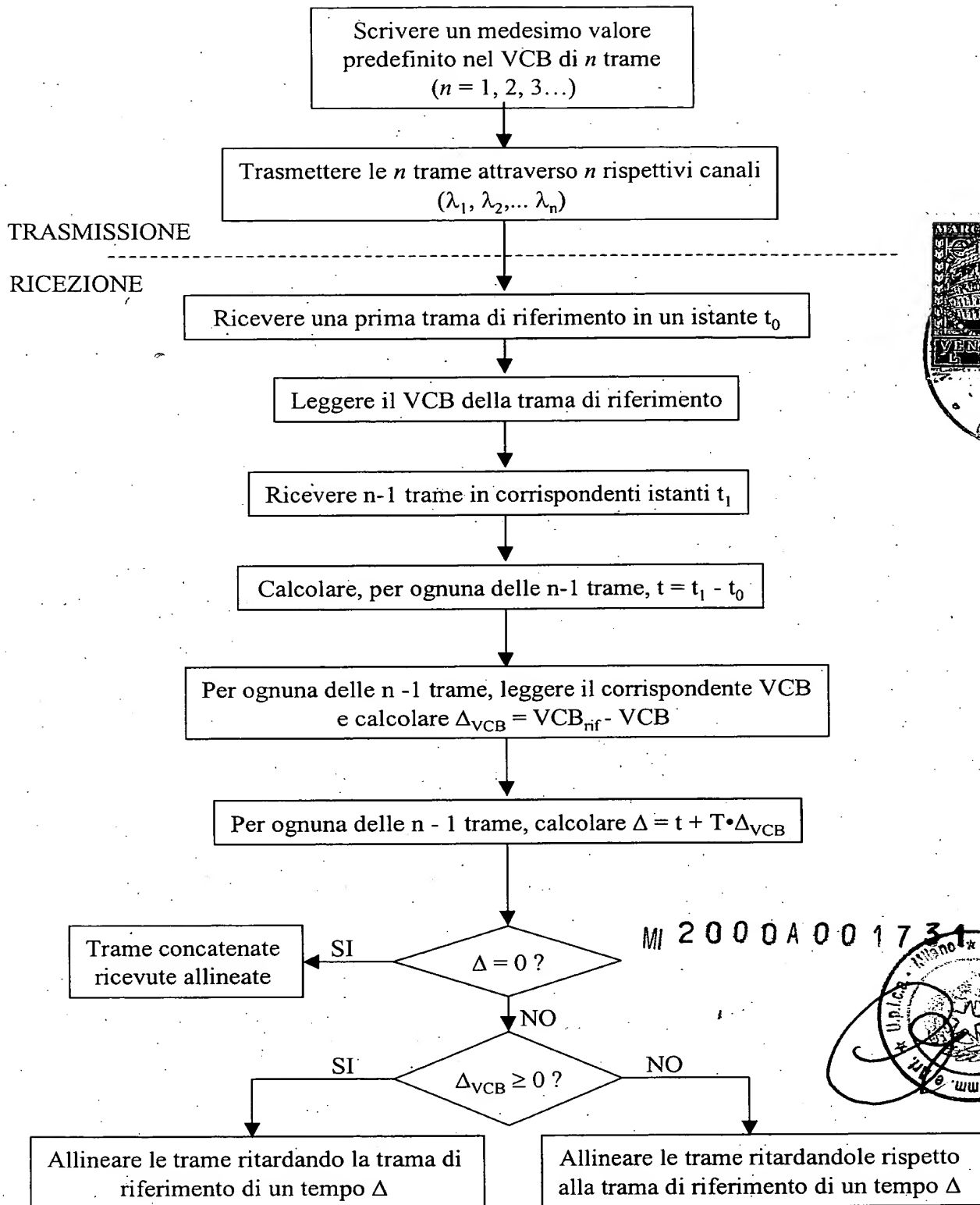
**Fig. 2**

MI 2000A001731



Corrado Borsano

Ing. CORRADO BORSANO (iscr. 446)
c/o ALCATEL ITALIA S.p.A.
Via Trento, 30 - 20059 VIMERCATE (MI)

**Fig. 3**

Corrado Borsano
 Ing. CORRADO BORSANO (iscr. 446)
 c/o ALCATEL ITALIA S.p.A.
 Via Trento, 30 - 20059 VIMERCATE (MI)